Las Mareas

INDICE

1. Introducción
2. Fuerza de las mareas
3. ¿Por que tenemos dos mareas al día?
4. Predicción de marea
5. Aviso para la navegación

Introducción

La marea es la variación del nivel de la superficie libre del mar, debido a la atracción gravitatoria de cuerpos celestes distintos de la Tierra, aunque en la práctica son únicamente el Sol y la Luna los que pueden ejercer una fuerza apreciable. Las fuerzas causantes de la marea son dos: la primera la atracción gravitatoria de la Luna y el Sol, y por otra parte, la fuerza centrífuga del sistema Tierra-Sol y Tierra-Luna. La fuerza causante de la marea es la resultante de estas dos fuerzas en cada punto. La marea que observamos es la superposición de dos contribuciones bien diferenciadas: la marea astronómica, con un origen en la interacción gravitatoria de la Luna y el Sol con la Tierra, y el residuo meteorológico, debido a la interacción entre la atmósfera y el mar.

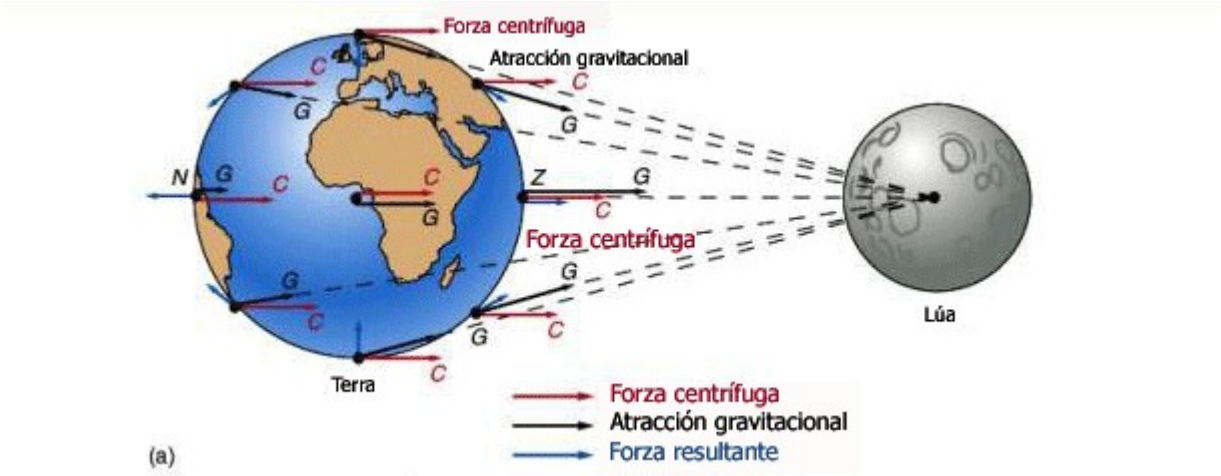
Fuerza de las mareas

Debido la que la Luna está mucho más próxima que el sol, la fuerza que este ejerce en las mareas es solamente un 46% de la fuerza que ejerce la Luna. Así para comentar las fuerzas de las mareas de una manera simplificada consideraremos solamente el sistema Tierra - Luna.

A pesar de que la Luna gira alrededor la Tierra, se puede considerar el conjunto de ambos cuerpos como un único sistema que gira alrededor de un centro de rotación común, este centro de rotación se encuentra la una distancia del centro de la Tierra de aproximadamente ¾ del radio de la misma.

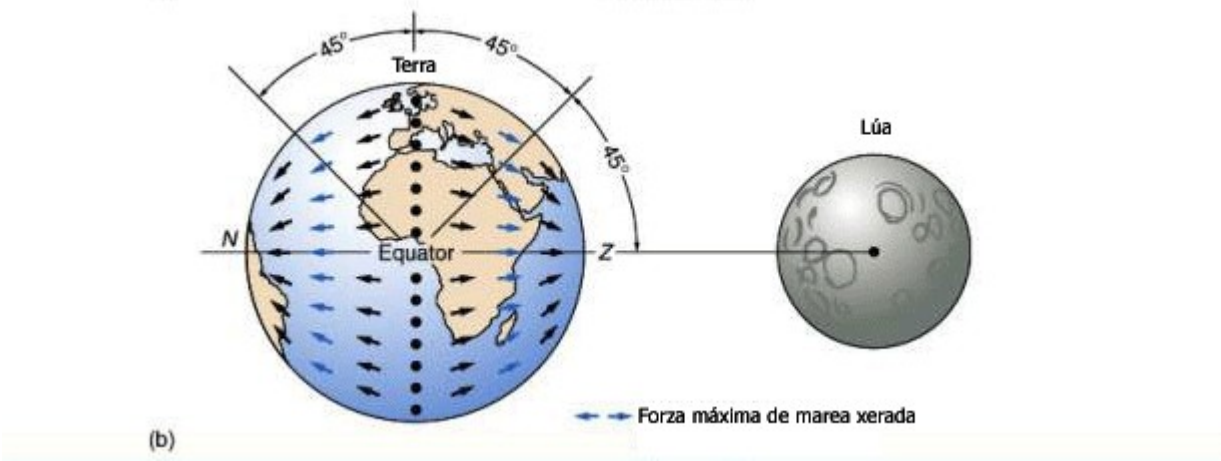
Considerando circular la órbita de la Luna, y por otra parte, que la órbita de la Tierra alrededor del centro de masas es un movimiento excéntrico, esto es, no centrado en nuestro planeta, bajo lo cual todos los puntos de la superficie de la Tierra siguen trayectorias circulares con idéntico radio e igual velocidad angular. Todos los puntos de la superficie terrestre tienen así la misma aceleración, y por lo tanto cualquier elemento experimentará respeto la cualquier punto de la superficie de la Tierra la misma aceleración de inercia, centrífuga, que es resultado del movimiento orbital, excéntrico, de la Tierra.

El movimiento excéntrico de la Tierra es un movimiento orbital, completamente independiente de la rotación de la Tierra sobre su propio eje. Igualmente, la aceleración centrífuga debida al movimiento excéntrico, orbital, no debe ser confundida con la aceleración también centrífuga y de inercia debida a la rotación diurna del planeta; ésta última aceleración depende de la latitud, pues la distancia al eje varía con el coseno de la misma, mientras que la debida al movimiento excéntrico es igual en toda la superficie terrestre. Todos los cuerpos situados sobre la Tierra sufren la aceleración debida a la atracción lunar. Esta atracción es mayor en los puntos más próximos a la Luna y menor en los que están más lejos. Es la competición entre la aceleración gravitatoria de la Luna y esta última aceleración centrífuga la que causa los movimientos diferenciados de las masas de agua en regiones distintas del planeta. La competición se resuelve a favor de la aceleración gravitatoria en regiones próximas a la Luna y a favor de la aceleración centrífuga en las regiones que están más lejos.



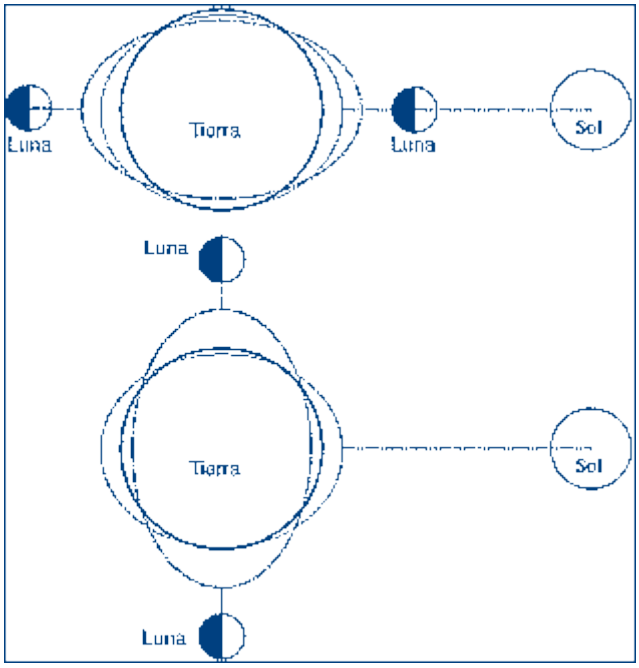
La resultante de las dos aceleraciones se llama aceleración de marea, y dependiendo de la posición con respeto a la Luna puede entrar, ser paralela a, o salir de la superficie de la Tierra (ver Fig. (a)). Las aceleraciones de marea son mínimas en las regiones más cercanas y más alejadas de la Luna: allí aparecen las mareas altas separadas por un cinturón planetario intermedio de mareas bajas.

Note que no es la aceleración de marea la directamente responsable de los movimientos de las masas de agua en una oscilación de marea, ya que esta aceleración no es en general paralela a la superficie del agua (es decir, no es localmente horizontal). En particular, en los puntos que están más lejos y en los que están más cerca de la Luna, la aceleración de marea es localmente vertical, y por lo tanto no produce movimientos horizontales del agua. Llamamos aceleración motriz, a la parte horizontal de aceleración de marea en cada punto. El movimiento del agua que resulta de las aceleraciones motrices se representa en la Fig. (b).



¿Por que tenemos dos mareas el día?

Si tuviéramos un planeta sin continentes y con una profundidad constante, las fuerzas centrífuga y gravitatoria tendrían total libertad para deformar la superficie del mar. En este caso ideal, un observador solidario con la Tierra al girar sobre su eje, distinguiría dos bajamar y dos pleamar. En la práctica, la existencia de los continentes y la variabilidad de la topografía marina, modifican considerablemente este comportamiento. Por otra parte, el cambio de posición relativa de la Luna y el Sol el cabo del día, hace que la periodicidad de las mareas no sea exactamente 12 horas. Como en la figura, la posición relativa de las elipses generadas por el Sol y la Luna es la causante de los ciclos de mareas vivas y muertas que observamos cada mes.



En la práctica, la variabilidad del nivel de la superficie del mar, muestra un comportamiento mucho más complejo. La inclinación del eje de la Tierra respeto de la eclíptica, la excentricidad de las órbitas de la Luna y la Tierra, la presencia de los continentes y la variabilidad de la topografía marina introducen factores adicionales en el comportamiento, actuando como cuerpos celestes ficticios que contribuyen a la variabilidad total del nivel del mar.

Predicción de marea

Para el estudio y predicción de la marea, se supondrá que el nivel del mar en cada punto es la suma de una serie de contribuciones periódicas puras que llamamos armónicos. Cada armónico tiene una frecuencia independiente de la localización donde nos encontremos. Partiendo de una serie de datos de nivel del mar, se ajusta por la técnica de mínimos cuadrados la:

$$\eta = \sum_{i=1,n} A_i \cos(w_i t + \varphi_i)$$

Donde h es el nivel del mar y A_i, w_i y φ_i son amplitud, frecuencia y fase del armónico correspondiente. Una vez calculados estos parámetros, es posible calcular el nivel de mar en un tiempo posterior mediante la suma de las contribuciones de todos los armónicos en un momento determinado. En la práctica, es la longitud de la serie temporal analizada la que dicta las limitaciones en el número de contribuciones armónicas que es posible calcular.

Aviso para la navegación

La predicción sólo es realizada en puntos donde la serie temporal analizada es larga, generalmente un año como mínimo, para poder calcular los armónicos principales. Los puertos con una predicción detallada se llaman puertos patrón y sirven de referencia para otros puntos donde no se tiene información tan detallada o no es posible calcular los armónicos porque la serie temporal analizada no tiene la longitud necesaria, pero sí se conoce un factor de corrección de los extremales y el desfase respeto del puerto patrón. Por otra parte, la predicción realizada sólo calcula la marea astronómica y no tiene en cuenta a influencia de los factores meteorológicos locales en el nivel del mar.